



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 41 01 156 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁵:
G 01 S 1/70
G 05 D 3/12
H 04 R 27/00
// H 04 S 7/00, F 21 P
3/00, B 61 L 27/00

②1 Aktenzeichen: P 41 01 156.2
②2 Anmeldetag: 14. 1. 91
④3 Offenlegungstag: 16. 7. 92

DE 41 01 156 A 1

⑦1 Anmelder:

Audiocinema Electronic und Medien GmbH, O-1130
Berlin, DE

⑦4 Vertreter:

Hübner, A., Dipl.-Jur.; Neumann, G., Dipl.-Ing.;
Radwer, D., Pat.-Anwälte, O-1130 Berlin

⑦2 Erfinder:

Heise, Wolfgang, O-1170 Berlin, DE; Grüttner,
Andreas, O-1134 Berlin, DE

⑤4 Verfahren und Einrichtung zur Ortung und Koordinatenbestimmung von Objekten

⑤7 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und Vorrichtung zur Ortung und Koordinatenwertbestimmung von Objekten, die sich in einem definierten Raum oder auf einer begrenzten Fläche bewegen und dient der Steuerung von Nachfolgeeinrichtungen, beispielsweise der Ton- und/oder Lichtnachführung.

Erfindungsgemäß werden von Infrarotsendern, die an den bewegten Objekten angebracht sind, codierte Infrarotsignale abgegeben, die von einer definiert positionierten CCD-Matrix-Kamera aufgenommen, in einem Bildspeicher- und Bildverarbeitungssystem mit vorgegebenen, rechnergestützten Raum- und Flächenwerten verarbeitet werden und für jeden Impuls unterschiedlicher Frequenz ein genau definiertes Signal für die X-, Y- und Z-Koordinaten entsprechend der sich auf der Sensormatrix in Zeile, Spalte und Pixelpunkt punktförmig bewegendem Signale zur Ansteuerung der Nachfolgeeinrichtung abgegeben.

DE 41 01 156 A 1

Best Available Copy

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zur Ortung und Koordinatenbestimmung von sich in einem definierten Raum oder auf einer begrenzten Fläche bewegender Objekte für die Steuerung rechnergestützter Nachfolgeeinrichtungen.

Bekannt sind bereits Systeme und Verfahren, um bewegende Objekte mit Hilfe der Radartechnik, der Infrarotstrahlung oder des Ultraschalles zu orten und ihre Koordinaten zu bestimmen. Die Anwendung dieser Techniken führt aber zu Schwierigkeiten, wenn mehrere, sich in einem begrenzten Raum bewegende Objekte in ihren variablen Bewegungsabläufen genau erfaßt und dabei gleichzeitig ihre jeweiligen X; Y; Z-Koordinaten exakt bestimmt werden müssen. Derartige Fälle treten beispielsweise auf, wenn in größeren Theatern, Musikhallen oder Mehrzwecksälen ein hoher Beschallungskomfort mit hoher Klangqualität sowie richtungs- und entfernungsgetreuen Höreindruck erzielt werden soll.

Um diesen hohen Ansprüchen zu entsprechen und den Richtungs- und Entfernungseindruck bezogen auf die Originalschallquelle zu gewährleisten, ist es notwendig, das interpretierte Schallergebnis bei gleichzeitigen Bewegungsabläufen nachzuführen. Durchgeführte Versuche haben ergeben, daß die bisher bekannten Systeme zur Ortung und Koordinatenbestimmung für eine solche Nachführung nicht einsetzbar sind.

Die Anwendung einer einfachen Infrarotstrahlung mittels Infrarotsender und Infrarotempfänger läßt eine exakte Ortung nicht zu, wenn gleichzeitig mehrere sich variabel bewegende Objekte bzw. Schallquellen nachgeführt werden sollen. Um allein die X- oder Y-Ebene bei den variablen Bewegungen der einzelnen Objekte zu bestimmen, bräuchte man Infrarotsender nicht nur unterschiedlicher Frequenz, sondern auch mit geringem Abstrahlwinkel. Desweiteren wären für den Empfang der unterschiedlichen Infrarotstrahlen eine große Menge von Infrarotempfängern notwendig mit breitbandiger Empfangsfrequenz, die im definierten Verhältnis bzw. in bestimmter Entfernung zur Raumfläche, auf der sich die Objekte bewegen, stehen. Von den Infrarotempfängern werden neben den direkt auftretenden Infrarotstrahlen der Sender, auch Reflexion der Strahlen durch die Raumbegrenzungsflächen sowie Infrarotlichtanteile aus Tages- und Kunstlicht mit empfangen, was zur Verfälschung der Erkennung bzw. Ortung der bewegten Objekte und damit deren Nachführung führt. Außerdem ist eine Nachführung in Richtung der Z-Koordinate, das bedeutet Messung der Strahlungsintensität durch den Empfänger nicht möglich. Das Infrarotsignal wird entweder als vorhanden oder als nicht vorhanden vom Empfänger geortet. Bei der HF-Ortung (Radar) können durch überlagerte HF-Frequenzen, z. B. durch äußere Störeinflüsse wie Feldstreuungen oder Reflexion durch Raumbegrenzungsflächen ebenfalls Ortungsverfälschungen der bewegten Objekte verursacht werden. Desweiteren werden durch die HF-Ortung nicht nur die beweglichen, sondern auch die feststehenden Objekte mit geortet, was zu Fehlsteuerungen der rechnergestützten Nachfolgeeinrichtungen führt.

Die Schwierigkeiten bei der Ultraschallortung bestehen vor allem darin, daß in jedem akustischen Signal, das von einer Originalquelle abgegeben wird, Ultraschallanteile enthalten sind, die zu Verfälschungen der Ansteuerung der Nachführeinrichtungen führen. Auch hier werden nicht nur die beweglichen, sondern auch die feststehenden Objekte geortet, was zu Fehlsteuerung

der rechnergestützten Nachführungseinrichtung führt.

Bekannt ist das Delta-Stereophony-System — DD-PS 1 20 341 und 1 23 418 — zur richtungsgetreuen Schallübertragung für die Beschallung eines großen Raumes oder einer Freifläche und die weitere Verbesserung dieses Systems durch den Delta-Stereo-Compakt-Prozessor.

Das Delta-Stereophony-System basiert auf dem fundamentalen Gesetz der 1. Wellenfront, wobei die Verzögerungszeiten einzelner Lautsprecher oder Lautsprechergruppen für einen bestimmten Hörerplatz im Saal so eingestellt werden, daß der Originalschall von der Schallquelle oder seine Simulation als Erster am Hörerplatz eintrifft. Bleiben die nachfolgenden Lautsprecher-signale innerhalb bestimmter Pegel- und Zeitbereiche, so bleibt der Richtungs- und Entfernungseindruck entsprechend der tatsächlichen Position der Schallquelle erhalten. Für mehrere Schallquellen und verschiedene, verteilte Hörerplätze ergibt sich ein Matrixsystem von Verbindungen (Schallquellen — Lautsprecher), die unterschiedliche Verzögerungen und Dämpfungen aufweisen. Die Berechnung der notwendigen Verzögerungs- und Pegelwerte erfolgt in einem Optimierungsverfahren für eine Reihe von signifikanten Hörerplätzen.

Die Bewegung von Original-Schallquellen wird mit Nachführungsreglern, die zum Teil aus bekannten Umschalt- bzw. Überblendvorrichtungen bestehen, realisiert, in dem durch Amplituden- oder Laufzeitveränderungen des Quellsignals (Akteur mit Mikrofon) die Ortung mehr auf das eine oder andere Quellgebiet umgestellt wird. Dadurch wird über einen weiten Bereich im Saal ein richtungs- und entfernungsgetreuer Höreindruck erzielt. Vorteile dieses Beschallungssystems sind ein optimaler Beschallungskomfort mit hoher Klangqualität, ausgeglichene Schallpegelverteilung und erhebliche Anhebung des Schallpegels auf den Hörerplätzen ohne Verlust des Richtungseindrucks. Eine exakte Nachführung beweglicher Originalschallquellen ist in diesem System nicht vorhanden. Außerdem erfordert seine Installation einen hohen Aufwand an Geräten und Installationsarbeiten.

Eine wesentliche Verbesserung dieses Stereophony-Systems wurde durch den Delta-Stereo-Compakt-Prozessor erreicht, um unter anderem die Präzision der Ortung von leisen und meist punktförmigen Schallquellen (wie z. B. Moderator oder Sänger), die sich im Bühnenbereich bewegen, zu ermöglichen.

Durch mikrocomputergestützte Funktionen und kompakte Bauweise in durchgängiger Digitaltechnik konnte nicht nur die Handhabbarkeit des Systems erleichtert, sondern insbesondere auch die erreichbare Qualität der Richtungs- und Laufzeitsteuerung verbessert werden. Das allgemeine Prinzip beruht darauf, daß man bewegliche Schallquellen (Akteur, Sänger oder Moderator) mit Hilfe einer Computermouse als Bedienelement, unterstützt durch eine Bildschirmdarstellung nachführen kann. Es besteht jedoch der Nachteil, daß mit der Computermouse von sechs auswählbaren Quellen nur jeweils eine Quelle nachführbar ist. Die Nachführung beruht dann auch nur auf einer fiktiven Annahme des Systembedieners, in dem er die Quelle mit Hilfe der Computermouse in ein von ihm am Ort optisch empfundenes Lautsprecherquellgebiet innerhalb des Bühnenbereiches führt. Das heißt, daß diese Art der Nachführung auf keiner exakten X, Y-Koordinatenmessung basiert und es demzufolge auch zu ungenauen Nachregelungen des Prozessors bei der Amplitu-

den- und Laufzeitdifferenzierung kommt.

Für Toningenieure, die z. B. innerhalb einer Showbeschallung hochkomplizierte Beschallungsanlagen zu bedienen haben, ist die gleichzeitige Bedienung eines Nachführungstelespieles außerdem eine sehr hohe psychologische Belastung.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, die manuellen Nachführungs- und Steuersysteme abzulösen und ein volloptoelektronisches Sensorsystem zu entwickeln, das eine exakte Ortung und Koordinatenwertbestimmung mehrerer sich in einem definierten Raum oder auf einer begrenzten Fläche befindlicher und sich bewegendes Objekte bei gleichzeitiger Selektierung gewährleistet.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß codierte Infrarotsignale, die von den einzelnen Objekten abgegeben werden, von einem CCD-Matrix-Sensor erfaßt, als multiplexes Signal an einen Bildspeicher abgegeben und die sich auf der Sensormatrix punktförmig bewegendes Signale in Zeile, Spalte und Pixelpunkt mit vorgegebenen, rechnergestützten Raum- und Flächenwerten verglichen werden und abschließend für jeden Impuls unterschiedlicher Frequenz ein genau definiertes Signal für die X-, Y- und Z-Koordinaten über ein Systembus zur Ansteuerung der Nachführeinrichtungen abgegeben wird, wobei die Zeile die X-Koordinate; die Spalte die Y-Koordinate und der Pixelpunkt durch die unterschiedlichen Grauwertstufen in Abhängigkeit von der Annäherung und Entfernung des Objektes zum genau positionierten CCD-Matrix-Sensor die Z-Achse darstellt. Vorzugsweise wird mit einer Impulsfrequenz der Infrarotsender von 5–50 Hz in 5-Hz-Schritten gearbeitet, da der 3. CCD-Matrix-Sensor bei 25 Bilder/s ein Vollbild erzeugt, während bei sehr viel höheren Impulsfrequenzen eine Selektierung der unterschiedlichen Impulse schlecht möglich ist. Unterschiedliche Impulse im Frequenzbereich weit über 50 Hz werden vom Sensor nicht mehr als Impuls sondern als ständiger Bildpunkt abgetastet.

Zur Durchführung des Verfahrens sind an den einzelnen Objekten Infrarotsender angebracht und vor dem Raum oder der begrenzten Fläche in genau definierter Position ein Sensor, beispielsweise eine CCD-Matrix-Kamera angeordnet, an den ein Bildspeicher und ein Bildverarbeitungssystem angeschlossen ist, wobei zwischen dem Bildverarbeitungssystem und dem Bildspeicher ein Komperator mit einer Vergleichs- und Halteschaltung vorgesehen und der Ausgang des Bildverarbeitungssystems über ein Systembus mit Nachführeinrichtungen, beispielsweise für die Nachführung des Ton- und/oder der Beleuchtung verbunden ist.

Vor der Optik des Sensors ist vorzugsweise ein optischer Sperrfilter angeordnet, um Lichtstrahlen von anderen Lichtquellen, die zu Fehlsteuerung führen können, auszuschalten. Neben der Nachführung von Originalschallquellen kann die erfindungsgemäße Lösung in kulturellen Einrichtungen auch vorteilhaft zur Nachführung sich bewegendes Objekte mittels Licht, so durch Spotlight-Scheinwerfer oder andere Lichteffektanlagen eingesetzt werden.

In der Industrie, wie z. B. in definiert begrenzten Raum- oder Freiflächen kann das Sensorsystem zur Ortung und Koordinatenbestimmung von unkontinuierlichen, nichtalgorithmischen Bewegungsabläufen bewegter Objekte (wie freibewegliche Industrieroboter oder personallose Fahrzeuge in Werkhallen und großen Lagerräumen etc.) eingesetzt werden.

Im Verkehrswesen kann das Sensorsystem zur Or-

tung und Koordinatenwertbestimmung sowie als Leitsystem schienengebundener Fahrzeuge und Kraftfahrzeuge eingesetzt werden.

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. In den dazugehörigen Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 das Blockschaltbild der vorgeschlagenen optoelektronischen Einrichtung zur Ortung und Koordinatenwertbestimmung;

Fig. 2 und 3 verschiedene Anordnungsvarianten für die definierte Positionierung des Sensors. Die in einem definierten Raum — Fig. 1 — oder auf einer begrenzten Freifläche bewegten Objekte 1–3 (Menschen, Fahrzeuge oder bewegliche Maschinen) sind jeweils mit einem Infrarotsender 1; 2; n+2 ausgestattet, der Rechteckimpulse im Frequenzbereich von 5–50 Hz aussendet. Die Impulse der einzelnen Infrarotsender werden von einem Sensor 6 (Matrix-Kamera), vor dessen Objektiv 5 ein optischer Sperrfilter 4 mit dem Durchlaßbereich von 900–970 nm (z. B. Zeissfilter UG 8) vorgesetzt ist, abgetastet. Der Sensor 6 ist definiert zum Raum bzw. zur begrenzten Freifläche positioniert — Fig. 2 und 3 —.

In Fig. 2 ist zu erkennen, daß der Sensor 6 vor dem abzutastenden Raum positioniert ist. Dabei können in der X-Ebene von links nach rechts, in der Y-Ebene von unten nach oben und in der Z-Ebene von vorn nach hinten sich bewegendes Impulse so oder in inverser Funktion abgetastet werden. Fig. 3 zeigt dagegen die Positionierung des Sensors über den definierten Raum bzw. der begrenzten Freifläche als eine zweite Abtastvariante.

Zur besseren Selektierung der Impulse mehrerer sich gleichzeitig bewegendes und mit Infrarotsender ausgestatteter Objekte wurde die Impulsfrequenz von 5–50 Hz in 5-Hz-Schritten gewählt.

Dem Sensor 6 ist ein Bildspeicher 7 und ein Bildverarbeitungssystem 8 nachgeschaltet, das eine Selektierung der unterschiedlichen Impulse durch Frequenzwertmessung vornimmt und die auf der Sensormatrix sich punktförmig bewegendes Signale in Zeile, Spalte und Pixelpunkt auswertet.

Das Bildverarbeitungssystem 8 vergleicht die von einer rechnergestützten Einrichtung vorgegebenen definierten Raum- oder Flächenwerte mit den sich ständig durch Bewegung verändernden Matrixauswertungen und gibt für jeden Impuls unterschiedlicher Frequenz momentan definierte X-, Y-, Z-Koordinaten an die Nachfolgeeinrichtung zurück.

Eine gewisse Problematik besteht jedoch in der Nutzung niedriger Impulsfrequenzen unter 50 Hz. Befindet sich z. B. der Impuls gerade in der Low-Phase wird er vom Bildverarbeitungssystem 8 in dem Moment als ein nicht vorhandenes, demzufolge in seinen X, Y, Z-Koordinaten nichtortbares Signal registriert. Aus diesem Grunde müssen dem Verarbeitungssystem die einzelnen Impulsfrequenzen softwaremäßig vorgegeben werden.

Ein zwischen Bildspeicher 7 und Bildverarbeitungssystem 8 angeordneter Komperator 10 vergleicht die von der Sensormatrix abgetasteten und im Bildspeicher 7 abgespeicherten Impulsfrequenzwerte mit den vorgegebenen Werten. Ist die Low-Phase eines Impulses größer als sein vorgegebener Wert, werden durch eine Halteschaltung die im Bildverarbeitungssystem 8 zuletzt errechneten X-, Y-, Z-Koordinaten für eine Weile gehalten.

Die vom Bildverarbeitungssystem errechneten momentanen Koordinatenwerte für die Impulse unterschiedlicher Frequenz werden vom Ausgang über ein

Systembus an das Betriebssystem der Nachfolgeeinrichtung, beispielsweise zur Ton- und/oder Lichtnachführung, abgegeben.

Die erfindungsgemäße Lösung ersetzt durch die Anwendung optoelektronischer Mittel die bisher manuell zu betätigenden Steuerungs- und Nachführverfahren, wie beispielsweise mit einer Computermouse, und hebt die sich daraus ergebenden Nachteile auf. Ihre Vorteile sind

- eine exakte Koordinatenwertbestimmung und Ortung der sich im definierten Raum bzw. auf der begrenzten Fläche befindlichen bewegten Objekte,
- gleichzeitige Ortung und Koordinatenwertbestimmung von mehreren beweglichen Objekten,
- keine psychologische zusätzliche Belastung für Systembedienpersonal, da dieses Steuerungssystem voll optoelektronisch funktioniert.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ortung und Koordinatenwertbestimmung von sich in einem definierten Raum oder auf einer begrenzten Fläche bewegender Objekte unter Anwendung von Infrarotstrahlungen, die von einem Infrarotsender abgegeben, von einem Sensor erfaßt und nach Vergleich von Soll- und Ist-Werten zur Ansteuerung von Nachfolgeeinrichtungen eingesetzt werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß von Infrarotsendern (1; 2; n + 2) abgegebene codierte Infrarotsignale von einem Sensor erfaßt als multiplexes Signal an einen Bildspeicher abgegeben und die sich auf der Sensormatrix in Zeile, Spalte und Pixelpunkt punktförmig bewegenden Signale mit vorgegebenen Raum- und Flächenwerten verglichen werden und für jeden Infrarotimpuls unterschiedlicher Frequenz ein genau definiertes Signal für die X-, Y- und Z-Koordinaten zur Ansteuerung der Nachführeinrichtungen abgegeben wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß mit einer Impuls-Frequenz von 5 – 50 Hz in 5 Hz-Schritten gearbeitet wird.
3. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, **dadurch gekennzeichnet**, daß an den einzelnen, sich bewegenden Objekten (1; 2; 3) Infrarotsender (1; 2; n + 2) angebracht und vor dem Raum oder der begrenzten Fläche in genau definierter Position ein Sensor (6) angeordnet ist, an den ein Bildspeicher (7) und ein Bildverarbeitungssystem (8) angeschlossen sind, wobei zwischen dem Bildspeicher (7) und dem Bildverarbeitungssystem (8) ein Komperator (10) mit einer Vergleichs- und Halteschaltung vorgesehen und der Ausgang (9) des Bildverarbeitungssystems (8) über ein Systembus mit dem Betriebssystem der Nachfolgeeinrichtungen verbunden ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Sensor (6) eine CCD-Matrixkamera ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 3 und 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß vor der Optik (5) des Sensors (6) ein optisches Sperrfilter (4) angeordnet ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Sensor (6) in genau definierter Position über der begrenzten Fläche oder dem begrenzten Raum angeordnet ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

— Leerseite —

This Page Blank (uspto)

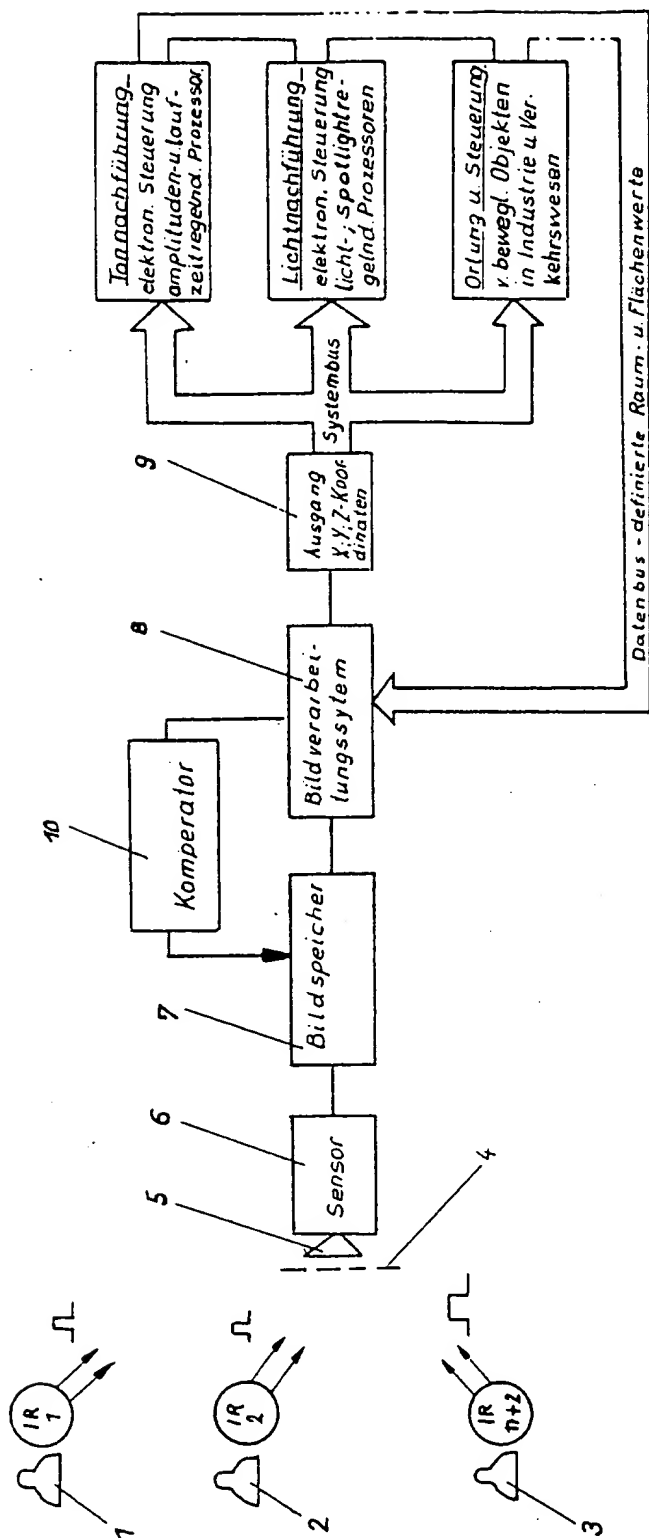


Fig.1

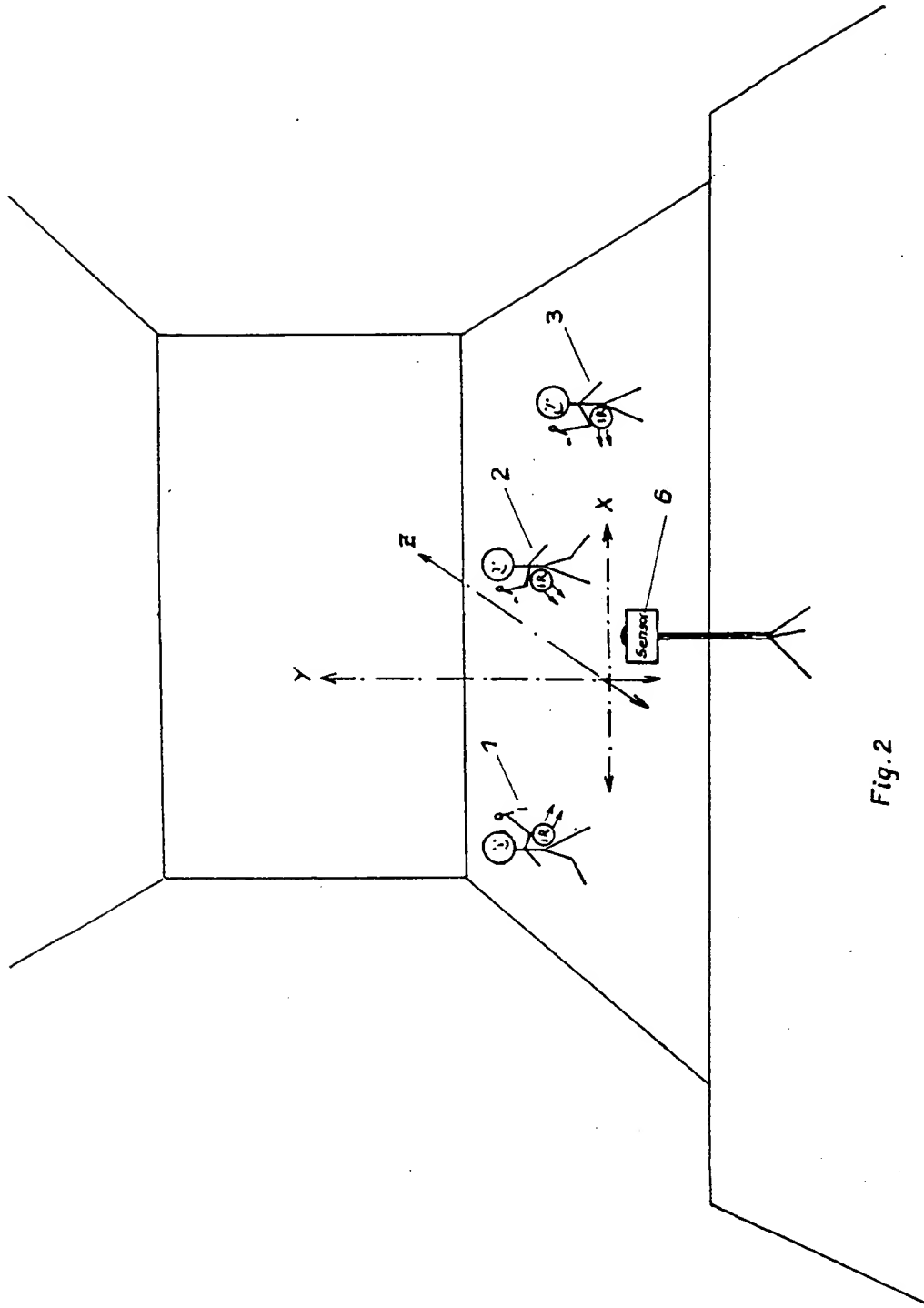


Fig. 2

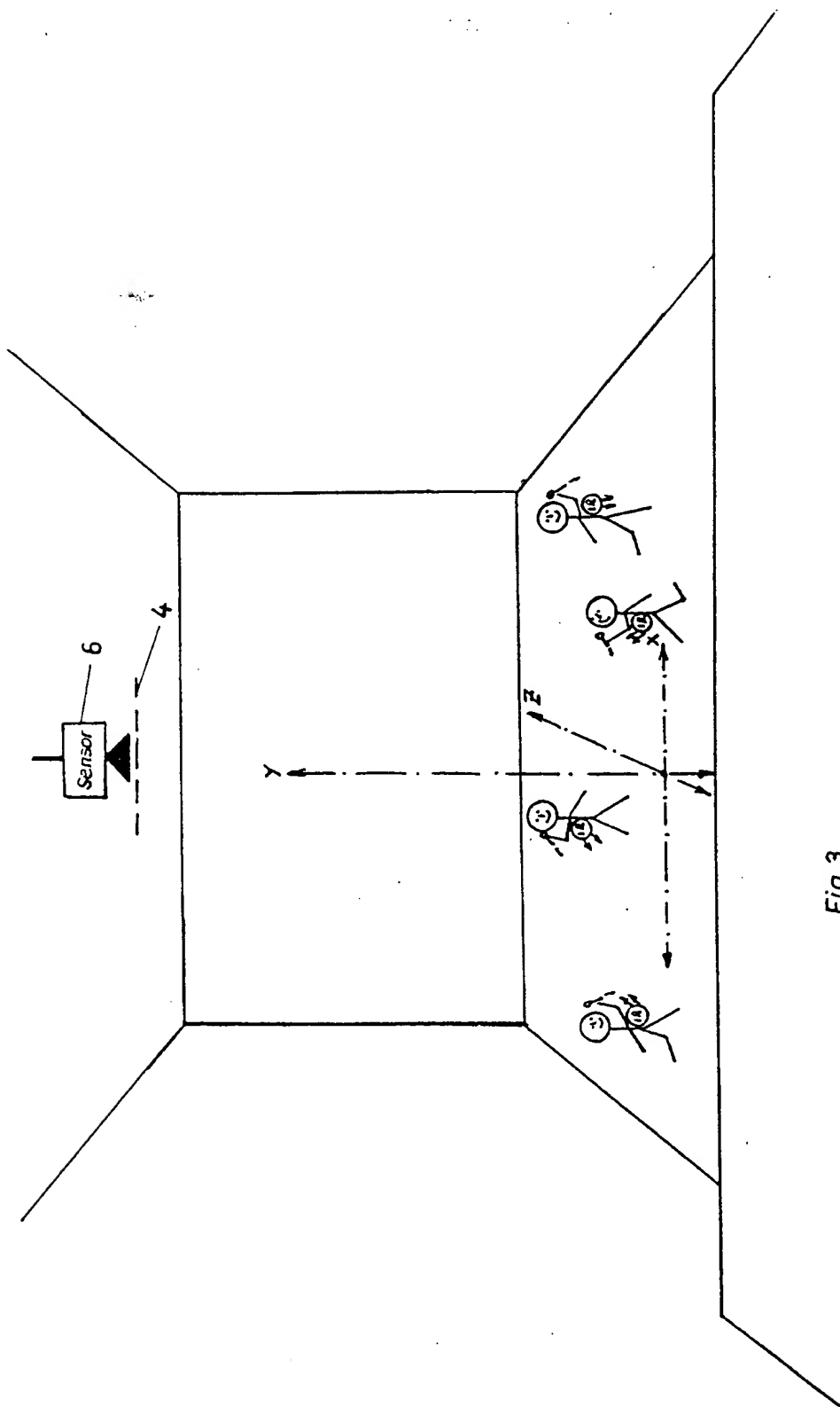


Fig. 3

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.